

## Electronic interlock for electromagnetic contactor

Patent Number: ☐ US5539608  
Publication date: 1996-07-23  
Inventor(s): BOLLINGER JR PARKER A (US); HURLEY RICK A (US); INNES MARK E (US)  
Applicant(s):: EATON CORP (US)  
Requested Patent: ☐ DE4406250  
Application Number: US19930023012 19930225  
Priority Number(s): US19930023012 19930225  
IPC Classification: H01H47/04  
EC Classification: G01R31/327C2, H01H47/32B  
Equivalents: AU5519194, AU669411, ☐ BR9400647, CA2116405, ☐ FR2702082,  
☐ GB2275541, ☐ JP7006678

---

### Abstract

---

An electrical contactor has first and second contacts movably mounted to engage for achieving continuity in an electrical circuit, via an electromagnet and armature defining a magnetic circuit with an air gap that closes in a first position of the contactor and opens in a second position of the contactor. A controller switches an alternating current voltage to the coil of the electromagnet during a timed portion of each AC half cycle, and senses the current level in the coil in a feedback loop. The controller adjusts the voltage-on time to achieve a predetermined average current as needed for accelerating the armature or coasting during a closing operation, for holding the armature in place when closed, etc. In order to sense whether the contactor is presently open or closed, the controller monitors and stores the phase angle between the previous voltage zero crossing and the time of voltage turn-on. When the inductance of the magnetic circuit including the electromagnet and armature changes rapidly due to opening or closing of the air gap between them, the controller detects a corresponding variation in the phase angle. The controller is preferably a microprocessor, programmed to normalize the phase angle over a range of coil drive voltages. The microprocessors of a number of such contactors can communicate in order to effect coordinated operations.

---

Data supplied from the esp@cenet database - l2





DEUTSCHES  
PATENTAMT

21 Aktenzeichen: P 44 06 250.8  
22 Anmeldetag: 25. 2. 94  
43 Offenlegungstag: 1. 9. 94

DE 44 06 250 A 1

30 Unionspriorität: 32 33 31  
25.02.93 US 023012

71 Anmelder:  
Westinghouse Electric Corp., Pittsburgh, Pa., US

74 Vertreter:  
Grünecker, A., Dipl.-Ing.; Kinkeldey, H., Dipl.-Ing.  
Dr.-Ing.; Stockmair, W., Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Ae.E. Cal  
Tech; Schumann, K., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat.; Jakob,  
P., Dipl.-Ing.; Bezold, G., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.;  
Meister, W., Dipl.-Ing.; Hilgers, H., Dipl.-Ing.;  
Meyer-Plath, H., Dipl.-Ing. Dr.-Ing.; Ehnold, A.,  
Dipl.-Ing.; Schuster, T., Dipl.-Phys.; Goldbach, K.,  
Dipl.-Ing. Dr.-Ing.; Aufenanger, M., Dipl.-Ing.;  
Klitzsch, G., Dipl.-Ing.; Vogelsang-Wenke, H.,  
Dipl.-Chem. Dipl.-Biol.Univ. Dr.rer.nat., Pat.-Anwälte,  
80538 München

72 Erfinder:  
Hurley, Rick Alan, Fletcher, N.C., US; Innes, Mark  
Edmund, Asheville, N.C., US; Bollinger jun., Parker  
A., Fletcher, N.C., US

54 Elektronische Zustandsanzeige für elektromagnetisches Schaltschütz

57 Ein elektrisches Schaltschütz besitzt erste und zweite Kontakte, die über einen Elektromagneten und einen Anker, die einen Magnetkreis definieren, beweglich angebracht sind, um in einem Stromkreis eine Kontinuität zu erzielen. Der Magnetkreis besitzt einen Luftspalt, der in einer ersten Position des Schaltschützes geschlossen ist und in einer zweiten Position des Schaltschützes geöffnet ist. Eine Steuereinrichtung schaltet eine Wechselspannung an die Spule des Elektromagneten während zeitlich gesteuerter Abschnitte eines jeden Wechselstrom-Halbzyklus und erfaßt den Pegel des Stroms durch die Spule in einer Rückkopplungsschleife. Die Steuereinrichtung stellt den Spannungseinschaltzeitpunkt ein, um einen vorgegebenen mittleren Strom zu erzielen, der notwendig ist, um den Anker während eines Schließvorgangs zu beschleunigen oder auslaufen zu lassen, den Anker im geschlossenen Zustand festzuhalten und dergleichen. Um festzustellen, ob das Schaltschütz momentan geöffnet oder geschlossen ist, überwacht und speichert die Steuereinrichtung den Phasenwinkel zwischen dem vorhergehenden Spannungsnulldurchgang und dem Spannungseinschaltzeitpunkt. Wenn die Induktivität des den Elektromagneten und den Anker enthaltenden Magnetkreises sich plötzlich aufgrund des Öffnens oder Schließens des Luftspalts zwischen ihnen ändert, erfaßt die Steuereinrichtung eine entsprechende Änderung des Phasenwinkels. Die Steuereinrichtung ist vorzugsweise ein Mikroprozessor, der so programmiert ist, daß ...

DE 44 06 250 A 1

## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft das Gebiet von elektrischen Schaltschützen für Motoranlasser und ähnliche Einrichtungen und insbesondere eine elektronische Zustandsanzeige, die den geöffneten oder geschlossenen Zustand des Schaltschützes durch Überwachen der Induktivität der Schaltschütz-Spule erfaßt, wobei sich die Induktivität in Abhängigkeit von dem Luftspalt zwischen dem Anker und dem Magneten ändert.

Elektromagnetische Schaltschütze mit einer oder mehreren Gruppen von Kontakten, die durch die an eine Spule angelegte Spannung geöffnet und geschlossen werden, sind für verschiedene Schalt- und Steuerfunktionen nützlich. Ein Schaltschütz besitzt gewöhnlich einen Magnetkreis, der einen festen Magneten sowie einen beweglichen Magneten oder Anker enthält, zwischen denen ein Luftspalt vorhanden ist, wenn das Schaltschütz geöffnet ist. Eine elektromagnetische Spule kann gesteuert werden, indem sie auf Befehl mit einer Spannungsquelle verbunden wird, welche über den Hauptkontakten des Schaltschützes angeschlossen werden kann, um den Anker elektromagnetisch zum festen Magneten zu beschleunigen, wodurch der Luftspalt verringert wird.

Der Anker trägt eine Gruppe von Brückenkontakten, die mit am Schaltschützgehäuse angebrachten festen Kontakten elektrisch verbunden werden können, wenn der Magnetkreis erregt wird und dadurch der Anker bewegt wird. Die Last und die Spannungsquelle sind gewöhnlich mit den festen Kontakten verbunden und werden gegenseitig verbunden, wenn die Brückenkontakte mit den festen Kontakten in Kontakt gelangen.

Wenn der Anker durch den Magnet beschleunigt wird, wirken dieser Beschleunigung zwei Federkräfte entgegen. Die erste Federkraft wird durch eine Ablösefeder hervorgerufen, die später dazu verwendet wird, die Kontakte voneinander zu lösen, indem sie den Anker in die entgegengesetzte Richtung bewegt, wenn die Leistungszufuhr an die Spule beendet wird. Dies geschieht, wenn die Kontakte geöffnet werden. Die andere Federkraft wird durch eine Kontaktfeder bewirkt, die einen Druck aufbaut, wenn die Brückenkontakte an den festen Kontakten anliegen und der Anker sich noch immer zum festen Magneten bewegt, bis der Luftspalt auf Null verringert ist.

Im Gegensatz zu einem einfachen Schaltungsunterbrecher, der Kontakte unter Überstrombedingungen öffnet und manuell zurückgestellt werden muß, kann ein Schaltschütz so beschaffen sein, daß er Kontakte auf verschiedene Weisen öffnet und schließt, manchmal wiederholt, z. B. um einen Motor zu starten, anzuhalten, im Leerlauf oder im Rückwärtsbetrieb zu betreiben. Schaltschütze können mit verschiedenen Überlastschutzeinrichtungen kombiniert sein, wobei in diesem Fall das Schaltschütz typischerweise als Motorsteuerung bezeichnet wird. Es können Einzelphasen- oder Mehrphasen-Schaltschütz-Schaltanordnungen verwendet werden, ferner kann das Vermögen zum Schalten hoher Ströme geschaffen werden.

Es gibt zahlreiche Möglichkeiten für spezielle Anwendungen von Schaltschützen. Beispielsweise können im Zusammenhang mit einem in zwei Richtungen betreibbaren Motor zwei Schaltschütze mit der Motorschaltung verbunden werden, eines für die Herstellung der Kontakte in Vorwärtsrichtung und eines für die Herstellung der Kontakte in Gegenrichtung. Weitere Möglichkeiten umfassen die Veränderung der Anschlüsse an einen Motor zum Starten oder Anhalten in aufeinanderfolgenden Schritten, zum Anschließen des Motors als Autotransformator, zum Umschalten zwischen Y- und  $\Delta$ -Verbindungen und dergleichen.

Um die Funktion eines oder mehrerer Schaltschütze, die mit einer Steuereinrichtung oder mit einer manuell betätigten Umschalteneinrichtung verbunden sind, zu steuern oder zu koordinieren, ist es oftmals wünschenswert, ein Signal vorzusehen, das den momentanen Status des Schaltschützes anzeigt, d. h. ob die Kontakte geöffnet oder geschlossen sind. Dieses Signal kann von den Steuerschaltungen verwendet werden, um zwischen den jeweiligen Steuerzuständen umzuschalten. Es wäre möglich, die Schaltspannung zu verwenden, um eine solche Statusangabe zu schaffen. Dies ist jedoch wegen einer Reihe von Gründen nicht wünschenswert. Die Spannung besitzt wegen der Stromänderungen, die durch das Kontaktprellen und durch die typische induktive Natur der Last verursacht werden, ein sehr starkes Rauschen. Es kann erforderlich sein, daß der Zustand der Kontakte bestimmt werden muß, bevor an den Kontakten eine Spannung zur Verfügung steht, z. B. vor der Betätigung einer Umschalteneinrichtung, die näher am Leistungsversorgungskabel angeschlossen ist. Andererseits erfordert die Kopplung der Kontaktspannung an eine externe Erfassungseinrichtung zusätzliche Teile. Wegen all dieser Gründe wäre es wünschenswert, eine hiervon verschiedene Form einer Zustandsanzeige zu schaffen.

Abgesehen von den Signalen, die mit externen Steuerschaltungen gekoppelt werden können, um den Betrieb eines elektromagnetischen Schaltschützes enthaltenden Systems zu steuern, sind interne Steuerschaltungen für Schaltschütze bekannt, die für verschiedene Zwecke verwendet werden. Das Patent US 4,893,102, Bauer, offenbart eine Schaltschützeinrichtung mit einer Mikroprozessor-Steuereinrichtung, die so arbeitet, daß sie die Leistung, die an die Schaltschütz-Spule während eines Schließvorgangs eingegeben wird, verändert, um den Anker während einer Anfangsphase des Schließvorgangs mit hoher Leistung zu beschleunigen, dann langsamer werden zu lassen und schließlich den Kontakt bei verringerter Leistung geschlossen zu halten. Diese Anordnung verringert mechanische Stöße, ein Kontaktprellen und andere nachteilige Einflüsse auf die Beschleunigung des Ankers bei gleicher Leistung während des Hubes. Die in die Spule eingegebene Leistung wird durch eine Zeitablaufsteuertechnik verändert, bei der eine Zweirichtungs-Thyristortriode während der Wechselstrom-Halbzyklen in immer späteren Zeitpunkten getriggert wird, um so immer weniger Strom an die Spule zu liefern.

Das Ziel des obenerwähnten Patents von Bauer ist, die Geschwindigkeit des Ankers durch Verringern des Spulentreiberstroms bis auf einen Haltepegel zu steuern, nachdem lediglich eine ausreichende Beschleunigung für den Anker ausgeführt worden ist, um den Hub zu vollständig auszuführen. Die Geschwindigkeit des Ankers verlangsamt sich daher bis auf Null, wenn der Luftspalt den Wert Null erreicht und der restliche Spulentreiberstrom die Kontakte geschlossen hält. Es ist jedoch schwierig, diese Beziehung genau festzulegen oder dann, wenn diese Beziehung festgelegt ist, anzunehmen, daß sie sich zeitlich nicht ändert. Es wäre in einer Steuereinrichtung gemäß dem obenerwähnten Patent wünschenswert festzustellen, wann der Luftspalt den Wert Null erreicht hat. Dadurch würde Leistung gespart, indem eine Rückkopplung für die Steuereinrichtung geschaffen

wird, die den besonderen Beschleunigungswert betrifft, der notwendig ist, um die Ablösefeder und die Kontaktfeder gerade zu überwinden.

Das Patent US 4,819,118, Mueller u. a., offenbart ebenfalls eine Mikroprozessor-Steuereinrichtung für ein Schaltschütz-System. Zwei Schaltschütze, die jeweils ihre eigene Steuereinrichtung besitzen, sind so angeordnet, daß sie in einen in zwei Richtungen betreibbaren Motor Leistung eingeben können, damit sich dieser in die eine oder in die andere Richtung dreht. Die beiden Steuereinrichtungen sind miteinander in Verbindung und können beide Schaltschütze zu einem plötzlichen Öffnen veranlassen, falls der Motor thermisch überlastet ist. Der von jedem der beiden Schaltschütze an die Last gelieferte Strom wird unter Verwendung von Analog-/Digital-Umsetzern überwacht. Der jeweilige Mikroprozessor der Steuereinrichtungen tastet den Ausgang des Analog-/Digital-Umsetzers ab und schätzt die Wärmemenge, die vom Motor im Rückwärtsbetrieb angesammelt wird. Auf diese Weise wird der durch die beiden Schaltschütze gelieferte Strom und nicht nur der durch das gerade aktive Schaltschütz gelieferte Strom dazu verwendet, die Erwärmung in der Last zu bestimmen.

Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, den Geöffnet/Geschlossen-Zustand eines elektromagnetischen Schaltschützes durch Überwachung der Änderung der Induktivität der Spulenschaltung zu erfassen, wobei die Induktivität von der Größe des Luftspalts zwischen dem Anker und der Spule des Magnetkreises abhängt.

Es ist eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die Strom- und Spannungspegel-Erfassungseinrichtungen von mikroprozessorgesteuerten elektromagnetischen Schaltschützen dazu zu verwenden, ausreichend Information zu sammeln, um die Änderung der Induktivität des Magnetkreises zu erfassen.

Es ist eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die Funktion einer Mikroprozessor-Steuereinrichtung zu verbessern, die den Strom an eine Schaltschützspule in zeitlich gesteuerten Abschnitten von Halbzyklen schaltet, indem sie die Änderung des Schalt-Phasenwinkels erfaßt, der zwischen den geöffneten und geschlossenen Zuständen des Schaltschützes auftritt.

Diese Aufgaben werden erfindungsgemäß gelöst durch eine elektronische Zustandsanzeige für elektromagnetische Schaltschütze mit den im Anspruch 1 genannten Merkmalen.

Die Erfindung umfaßt ein elektrisches Schaltschütz mit ersten und zweiten Kontakten, die beweglich angebracht sind, um über einen Elektromagneten mit Spule und einen Anker, die zusammen einen Magnetkreis bilden, einen elektrischen Stromkreis zu schließen, wobei zwischen dem Elektromagneten und dem Anker ein Luftspalt vorhanden ist, der in einer ersten Position des Schaltschützes geschlossen ist, normalerweise dann, wenn die Kontakte hergestellt sind, und in einer zweiten Position des Schaltschützes geöffnet ist. Eine Steuereinrichtung schaltet die Wechselspannung über der Spule des Elektromagneten in einem zeitlich gesteuerten Abschnitt eines jeden Wechselspannungs-Halbzyklus und erfaßt den Strompegel in der Spule über eine Rückkopplungsschleife. Die Steuereinrichtung stellt den Spannungseinschaltzeitpunkt ein, um einen vorgegebenen mittleren Strom zu erhalten, der zum Beschleunigen des Ankers und zum Auslaufenlassen desselben während eines Schließvorgangs, zum Festhalten des Ankers in der geschlossenen Position und dergleichen notwendig ist. Um festzustellen, ob das Schaltschütz derzeit geöffnet oder geschlossen ist, überwacht und speichert die Steuereinrichtung den Phasenwinkel zwischen dem vorhergehenden Spannungsnulldurchgang und dem Zeitpunkt des Einschaltens der Spannung. Wenn sich die Induktivität des den Elektromagneten und den Anker enthaltenden Magnetkreises aufgrund des Öffnens oder Schließens des Luftspaltes zwischen ihnen plötzlich ändert, erfaßt die Steuereinrichtung eine entsprechende Veränderung des Phasenwinkels. Die Steuereinrichtung ist vorzugsweise ein Mikroprozessor, der so programmiert ist, daß er den Phasenwinkel in einem Bereich von Spulentreiberspannungen normiert. Die Mikroprozessoren einer Anzahl derartiger Schaltschütze können untereinander Informationen austauschen, um koordinierte Operationen auszuführen.

Der Mikroprozessor kann die Induktivität des die Spule und den Anker enthaltenden Magnetkreises in einem bekannten Zustand des Schaltschützes prüfen. Beispielsweise kann der Mikroprozessor nach dem Einleiten eines Schließvorgangs durch Anlegen breiter Spannungsimpulse an die Spule einen Zug von kürzeren Prüfpulsen ausgeben, die z. B. eine ausreichende Breite besitzen, um den Anker zu halten, sobald die Kontakte geschlossen sind, ferner kann der Mikroprozessor dann den Phasenwinkel desjenigen Zeitpunktes überwachen und speichern, in dem die Spannung eingeschaltet werden muß, um einen Haltestrompegel aufrechtzuerhalten. Wenn sich der Luftspalt schließt, ändern sich die Induktivität und der Phasenwinkel, woraufhin der Mikroprozessor entweder ein geeignetes Signal, das einen geschlossenen Zustand anzeigt, ausgibt oder auf andere Weise wegen der Zustandsänderung in seine Steueroutine eingreift.

Auf ähnliche Weise beendet der Mikroprozessor während eines Öffnungsvorgangs das Schalten der Spannung an den Elektromagneten für eine ausreichende Zeit, um der Ablösefeder und der Kontaktfeder zu ermöglichen, eine Kraft auszuüben, die den Anker in Öffnungsrichtung beschleunigt, woraufhin der Mikroprozessor eine Reihe von Impulsen ausgibt, erneut einen gegebenen Strompegel im Elektromagneten aufrechterhält und die Änderung des Spannungsschaltungs-Phasenwinkels überwacht, die das Öffnen des Luftspaltes und ein Abfallen der Induktivität des Magnetkreises anzeigt. Dieselbe Operation kann auch ein plötzliches Öffnen (d. h. ein Öffnen aufgrund eines mechanischen Stoßes oder dergleichen) während einer fortgesetzten Schließ- und Halteoperation erfassen.

Die Erfindung erleichtert den koordinierten Betrieb einer Anzahl von Schaltschützen, von denen jedes einen lokalen Steuerungs-Mikroprozessor besitzt, der den Zustand der lokalen Schaltschützeinheit erfassen kann, wobei jeder der Steuerungs-Mikroprozessoren mit einem oder mehreren anderen Steuerungs-Mikroprozessoren in einer Datenaustauschbeziehung steht. Ein Beispiel bildet eine koordinierte Motorumkehroperation in einer Schaltschützenanordnung mit einem ersten Schaltschütz zum Betreiben des Motors in einer Vorwärtsbetriebsart und einem zweiten Schaltschütz zum Betreiben des Motors in einer Rückwärtsbetriebsart. Die Erfindung ist ohne weiteres auf ein Schaltschütz des Typs anwendbar, der einen Mikroprozessor oder eine ähnliche Steuereinrichtung besitzt, um den Pegel des Stroms durch die elektromagnetische Spule zu verändern, um

weiche Schließvorgänge auszuführen, in denen der Pegel der Energie zum Ziehen des Ankers auf den Betrag minimiert ist, der zur Überwindung der Ablösefeder- und Kontaktfederkraft gerade notwendig ist.

Weitere Aufgaben, Merkmale und Vorteile der Erfindung sind im Nebenanspruch und in den Unteransprüchen angegeben, die sich auf bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung beziehen.

5 Die Erfindung wird im folgenden anhand bevorzugter Ausführungsformen mit Bezug auf die Zeichnungen näher erläutert; es zeigen:

Fig. 1 ein funktionales Blockschaltbild eines elektrischen Schaltschützes und eines Steuersystems gemäß der vorliegenden Erfindung;

10 Fig. 2 ein schematisches Schaltbild zur Veranschaulichung einer Stromtreiberschaltung zum Erregen des Schaltschützes;

Fig. 3 einen Graphen der Schaltschütz-Spulenspannung in Abhängigkeit von der Zeit, der die Änderung der Spannung zwischen dem Zustand mit geschlossenem Schaltschütz (durchgezogene Linie) und dem Zustand mit geöffnetem Schaltschütz (unterbrochene Linie) unter der Steuerung der Mikroprozessor-Steuereinrichtung veranschaulicht; und

15 Fig. 4 einen Graphen des Schaltschütz-Spulenstroms entsprechend Fig. 3.

Die Erfindung umfaßt eine vollständig elektronische Zustandsanzeige, die die geschlossene oder die geöffnete Position eines Schaltschützes unter Verwendung der Änderung der Induktivität des Spulenkreises erfaßt. Die Zustandsanzeige ersetzt funktional eine externe elektrische Zustandsanzeige, um eine Rückkopplungsinformation bezüglich des geschlossenen oder des geöffneten Zustandes des Schaltschützes zu schaffen. Es ist jedoch  
20 keine zusätzliche Hardware erforderlich, weil die Änderung der Spulenkreis-Induktivität durch eine Änderung des Zeitablaufs (d. h. des Phasenwinkels) erfaßt wird, die beim Schalten einer in Rückkopplung betriebenen Stromsteuerschaltung auftritt.

Die Zustände, auf die die Zustandsanzeige bezogen ist, enthalten das Schließen, das Öffnen, das plötzliche Öffnen und den Status, um aufeinanderfolgende und entgegengesetzte Schaltschützsteuerungen auszuführen. Diese Information kann von dem Schaltschütz einem Schaltschütz- oder Motoranlasser-Steuersystem zur  
25 Verfügung gestellt werden, das mehrere Schaltschützeinheiten umfaßt, wobei die Information beispielsweise über Datenaustauschverbindungen zwischen den einzelnen Mikroprozessoren der einzelnen Schaltschütz-Steuereinrichtungen wie etwa die Mikrodraht- oder IMPACC-Kommunikationsverbindungen, die in einigen Schaltschütz-Steuerschaltungen zur Verfügung stehen, übertragen wird. Der Statusbericht kann somit zu einem  
30 Parameter werden, der aufeinanderfolgende Anlasser-Steuerefunktionen wie etwa Autotransformatorfunktionen, Y- $\Delta$ -Funktionen und andere Schaltfunktionen erleichtert.

In Fig. 1 ist in Blockform ein modulares elektrisches Schaltschütz-Steuersystem gezeigt, das beispielsweise dazu verwendet wird, die Eingabe von Leistung von einem dreiphasigen Leistungsversorgungskabel in einen Motor zu steuern. Fig. 2 zeigt eine bevorzugte Ausführungsform der Treiber- und Spulenstrom-Erfassungsschaltungen des Schaltschütz-Steuersystems. Es können ein Vorwärts-Schaltschütz und ein Rückwärts-Schalt-  
35 schütz vorgesehen und für einen Datenaustausch miteinander verbunden sein, um ihren Betrieb zu koordinieren. In den Zeichnungen ist nur eine Phase und nur ein Schaltschütz gezeigt.

Das Schaltschütz 20 besitzt einen Elektromagneten 22, der eine Spule 23 enthält, die mit einem Treiberstrom erregt wird, um auf einen Anker 24 eine magnetische Kraft auszuüben, wobei der Anker 24 typischerweise einen  
40 Permanentmagneten enthält. Im Schaltschützgehäuse ist ein erster elektrischer Kontakt 25 befestigt, während ein zweiter elektrischer Kontakt 26 durch die Verschiebung des Ankers 24 so beweglich ist, daß er mit dem festen Kontakt 25 in Eingriff gelangen kann. Eine Schaltschütz-Steuereinrichtung 30 schaltet die Leistung an die Spule 23, um ein Schließen oder ein Öffnen der Kontakte 25, 26 zu bewirken, um typischerweise Wechselspannungsleistung an eine Lastschaltung 32 zu liefern. Eine Ablösefeder 33 ist dazu vorgesehen, den Anker 24 in die  
45 geöffnete Position zu zwingen, d. h. der magnetischen Kraft auf den Anker entgegenzuwirken, die durch die Spule 23 ausgeübt wird, wenn sie mit Strom versorgt wird. Wenn daher der Strom durch die Spule 23 abgeschaltet ist, gelangen die Kontakte 25, 26 außer Eingriff, während dann, wenn der Strom eingeschaltet ist, die Kontakte in Eingriff gelangen. Zusätzlich zu der Ablösefeder 33 ist wenigstens einer der Kontakte 25, 26 elastisch an einer Kontaktfeder angebracht, die dazu vorgesehen ist, die Kontakte zusammenzudrücken, wenn  
50 der Anker 24 vollständig zur Spule 23 zurückgezogen ist und der Luftspalt 34 in dem die Spule 23 und den Anker 24 enthaltenden Magnetkreis Null ist.

Das Schaltschütz kann Wechselspannungsleistung von einer Leistungsversorgungsleitung 44 an einen Motor 42 schalten und in Verbindung mit zusätzlichen Schaltungen betrieben werden, um eine Folge von Kontaktherstellungs- und Kontaktunterbrechungsoperationen auszuführen, wie sie zum Starten oder Anhalten des Motors  
55 42, zum Betreiben im Leerlauf, zum Betreiben in Rückwärtsrichtung und dergleichen erforderlich sind. Längs der zur Last führenden Leitungen können Laststromerfassungs-Stromtransformatoren 46 angeschlossen sein, um unter Verwendung des Schaltschützes 20 und dessen Steuereinrichtung 30 eine Überlastschuttfunktion auszuführen.

Die Leistung zum Betreiben des Schaltschützes 20 und der Steuereinrichtung 30 kann entweder getrennt von  
60 der geschalteten Leistungsversorgungsleitung oder von zwei der Phasen der Leistungsversorgungsleitung 44 auf seiten der Quelle dem Schaltschützes erhalten werden. Zum Betreiben der Spule 23 und der Steuereinrichtung 30 ist eine Gleichspannungs-Leistungsquelle erforderlich, weshalb ein Transformator 52, ein Gleichrichter 54 und ein Filter 46 vorgesehen sind, um Gleichspannungsleistung zu erzeugen. Die Steuereinrichtung 30 für das Schaltschütz umfaßt vorzugsweise einen Mikroprozessor 62, wie er beispielsweise in den Patenten US 4,893,102,  
65 Bauer, und/oder US 4,819,118, Mueller u. a., die hier enthalten sind, offenbart ist. Zusätzlich zu einfachen logischen Funktionen erlauben der Mikroprozessor 62 und der Speicher 63 die Ausführung einer komplexeren Steuerung des Schaltschützes wie etwa eine zeitliche Mittelung der Stromlast, eine indirekte Schätzung der Temperaturbedingungen, einen Datenaustausch über externe Dateneingänge- und -ausgänge 64, 65 zwischen

mehreren zusammenarbeitenden Schaltschützen sowie weitere Funktionen.

An den Mikroprozessor 62 werden Strom-Spannungs- und Zeitablaufinformationen geliefert. Ein Analog-/Digital-Umsetzer 66 ist mit einem Spulenstrom-Erfassungstransformator 68 verbunden, um den momentanen Spulenstrompegel abzutasten. Ein Spannungsnulldurchgang-Detektor 72 erzeugt bei Nulldurchgängen 80 der an die Spulentreiberschaltung gelieferten Wechselspannungsleistung (siehe Fig. 3) für den Mikroprozessor 62 einen Impuls, um eine Zeitreferenz für den Beginn eines Wechselspannungszyklus oder eines halben Wechselspannungszyklus zu schaffen. Die Impulse von einem Taktgeberschaltkreis 92, der das Mikroprozessor-Taktsignal erzeugt, können in einen Zähler 94 eingegeben werden, dessen Ausgänge mit dem Mikroprozessor 62 verbunden sind, um Information bezüglich der verstrichenen Zeit zu erhalten; alternativ kann der Mikroprozessor 62 die Zeitablaufinformation auch durch eine programmierte Funktion wie etwa ein Zählen der Anzahl der Zyklen durch eine programmierte Statusprüfschleife bestimmen.

In einer herkömmlichen Betriebsart stellt der Mikroprozessor 62 die Zeit in jedem Spannungshalbzyklus ein, in der die Schaltschütz-Spule 23 erregt wird, um dadurch den Schaltschütz-Spulenstrom entsprechend dem Bedarf der besonderen Operation zu steuern. Wenn ein Schließvorgang eingeleitet wird, triggert der Mikroprozessor 62 die Eingabe des Stroms in die Spule 23 in jedem Spannungszyklus relativ früher, indem er beispielsweise eine Zweirichtungs-Thyristortriode oder ein ähnliches Schaltelement 124 verwendet. Die frühere Eingabe des Stroms während der nachfolgenden Zyklen hat zur Folge, daß ein relativ größerer Anteil der Gesamtenergie, die in jedem vollen Halbzyklus zur Verfügung steht, eingegeben wird, um den Anker 24 in die geschlossene Position zu beschleunigen, da der Strom über den Rest eines jeden Halbzyklus integriert wird. Der Anker 24 wird im Schließvorgang ausreichend früh beschleunigt, um ihn auf eine vorgegebene Geschwindigkeit zu bringen, die ausreicht, um den Widerstand der Ablösefeder 33 und der Kontaktfeder 128 zu überwinden, wenn der Anker 24 im weiteren Verlauf des Schließvorgangs mit diesen Federn in Eingriff gelangt.

Wenn der Mikroprozessor 62 in einem Teil eines jeden Halbzyklus die Spannung über der Spule 23 schaltet, liest er wiederholt über die Spulenstrom-Erfassungsspule 68 den Pegel des Stroms durch die Spule 23. Vorzugsweise wird der Spulenstrom in einem vorgegebenen Zeitpunkt während jedes Halbzyklus gelesen, es wäre jedoch auch möglich, den Strom in mehreren Zeitpunkten abzutasten. Der Mikroprozessor erhöht oder verringert die Verzögerung zwischen einem Nulldurchgang 80 und dem Einschaltzeitpunkt 140, um den Strompegel in der Spule 23 über eine Rückkopplungsregelschleife zu erhöhen oder zu erniedrigen. Die besonderen Strompegel, die für die jeweiligen Operationen erforderlich sind, können im Speicher 63 gespeichert oder auf der Grundlage anderer erfaßter Parameter berechnet werden.

Nach der Beschleunigung des Ankers 24 auf die erforderliche Geschwindigkeit während eines Schließvorgangs wird der Strompegel durch Schalten des an die Spule gelieferten Stroms in einem späteren Zeitpunkt in jedem Halbzyklus verringert. Während dieses Zwischenabschnittes des Schließvorgangs hält die Spule 23 die Geschwindigkeit des Ankers im wesentlichen aufrecht (d. h. der Anker bewegt sich im kräftefreien Zustand). Obwohl es möglich wäre, den Spulenstrom auf Null zu verringern, wird der Strom gemäß der vorliegenden Erfindung nur auf einen Prüfpegel verringert, der den Mikroprozessor 62 in die Lage versetzt, den Phasenwinkel des Spannungseinschaltzeitpunktes für einen späteren Vergleich aufzunehmen.

Wenn das Schaltschütz geschlossen ist, schaltet der Mikroprozessor 62 lediglich einen Strom, der ausreicht, um das Schaltschütz geschlossen zu halten. Die gelieferte Energie hängt vom Spulenstrom ab, der durch den Mikroprozessor so gesteuert wird, daß diese Energie, die zum Geschlossenhalten des Schaltschützes ausreicht, aufrechterhalten wird. Da das Schließen der Kontakte den Luftspalt zwischen dem Anker und dem Spulenmagneten auf Null verringert, nimmt die Induktivität der Spulenschaltung beim Schließen zu, so daß mehr elektromagnetische Energie in der Spulenschaltung gespeichert wird. Im Ergebnis hält eine kürzere Einschaltzeit denselben Strompegel im Zeitpunkt der Stromabtastung aufrecht.

Die zum Halten des Ankers gegen die Kraft der Federn 33, 128 erforderliche Energiemenge ändert sich nicht. Die gelieferte Energie hängt vom Strom und von der Spulenschaltungs-Induktivität ab. Wenn die Induktivität aufgrund des Schließens des Luftspalts zunimmt, antwortet der Mikroprozessor (der noch immer den vorgegebenen Strompegel aufrechterhält) durch Verschieben des Einschaltzeitpunktes auf eine spätere Zeit oder durch einen größeren Phasenwinkel im Spannungshalbzyklus.

Diese Operation ist in den Fig. 3 und 4 graphisch dargestellt. In diesen Figuren wird der Zeitablauf des Stromschaltens zwischen einem geschlossenen Schaltschütz 20 (durchgezogene Linien) und einem geöffneten Schaltschütz 20 (unterbrochene Linien) verglichen. Der Mikroprozessor oder eine andere Steuerschaltung ist so beschaffen, daß er die Änderung des Phasenwinkels beim Schalten überwacht und ein Signal ausgibt, das den geschlossenen Zustand des Schaltschützes repräsentiert, wenn der Phasenwinkel des Stromschaltens (d. h. die Verzögerung gegenüber dem vorhergehenden Spannungsnulldurchgang) zunimmt.

Die Änderung der Induktivität kann auch für den Nachweis des Öffnens verwendet werden. Sowohl während normaler Öffnungsfunktionen (d. h. eines gesteuerten Öffnens) als auch während eines schnellen Öffnens und Schließens (unbeabsichtigt oder ungesteuert) zeigt die Änderung der Induktivität ein Öffnen des Luftspalts sowie einen nahe bevorstehenden oder bereits vorhandenen Verlust der elektrischen Kontinuität zwischen den Kontakten 25, 26 an.

Während des gesteuerten Öffnens wird der Haltestrom durch die Spule 23 abgeschaltet. Zwischen dem Abschalten des Haltestroms und dem Öffnen des Luftspalts 34 aufgrund der Wirkung der Kontaktfeder 28 und der Ablösefeder 33 verstreicht ein kurzes Zeitintervall, bis der Anker 24 vom Spulenmagnet abhebt und die Kontakte 25, 26 unterbricht. Der Mikroprozessor 62 kann den Zeitpunkt bestimmen, in dem sich das Schaltschütz öffnet, indem er einen minimalen Prüfstrom durch die Spule 23 aufrechterhält und die Änderung des Phasenwinkels (nun eine Verringerung der Verzögerung gegenüber dem Nulldurchgang), die auftritt, wenn sich der Luftspalt 34 öffnet und die Spulenschaltungsinduktivität abfällt, überwacht.

Ein schnelles Öffnen wird durch eine Änderung des Phasenwinkels erfaßt, die auftritt, wenn der Mikroprozessor

sor 62 fortgesetzt einen Haltestrom in die Spule schickt. Der Haltestrompegel reicht normalerweise nur dazu aus, den Anker 24 zu halten, wenn der Luftspalt Null ist, wobei es wünschenswert ist, nur so viel Energie wie notwendig einzugeben. Bei einem mechanischen Stoß oder dergleichen, der eine Erschütterung des Ankers 24 bewirkt und den Luftspalt 34 öffnet, kann es vorkommen, daß der Haltestrom nicht ausreicht, um die geschlossene Position des Schaltschützes aufrechtzuerhalten. Erfindungsgemäß kann jedoch der Mikroprozessor 62 ohne weiteres ein schnelles Öffnen erfassen und den Spulentreiberstrom soweit erhöhen, daß er den Anker wieder zurückstellt; der Mikroprozessor 62 kann auf diese Bedingung auch auf andere Weise reagieren (z. B. durch Meldung an ein umfassenderes Steuersystem oder ein weiteres Schaltschütz).

Die besondere Induktivität und die Größe der Induktivität, die sich wegen des Öffnens oder Schließens des Luftspalts verändern, hängen von der besonderen Struktur der Schaltschütz-Spulenschaltung ab. Beispielsweise besitzt das Schaltschütz der Westinghouse Electric Corporation Modell F34 eine Magnet-Anker-Öffnungsinduktivität von 50 mH und eine Magnet-Anker-Schließinduktivität von 80 mH. Es ist offensichtlich, daß diese Induktivitätsänderung eine ohne weiteres feststellbare Differenz des Schaltphasenwinkels hervorruft, wenn in der Rückkopplungssteuerung ein vorgegebener Spulenstrompegel gesteuert wird. Somit kann der Phasenwinkel dazu verwendet werden, die Position des Ankers auf abhängige Weise zu bestimmen.

In Fig. 2 ist eine Schaltschütz-Spulentreiberschaltung 150 des Typs gezeigt, der für die Steuerung von Schaltschütz-99-Einrichtungen von Westinghouse verwendet wird. Der Mikroprozessor 62 (U1) gibt über einen Widerstand 152 (R26) einen hohen Pegel aus, der den FET-Schalttransistor 154 (Q4) über eine Umschalterschaltung auf Durchlaß schaltet, wobei die Umschalterschaltung einen optischen Isolator 156 (U2) enthält, der durch einen Widerstand R15 und eine Zenerdiode CR5 vorgespannt ist. Der Ausgang des optischen Isolators 156 ist mit dem FET-Schalter über einen NPN-Schalttransistor 158 (Q3) verbunden. Der Emitter des Transistors 158 ist mit dem Gateeingang des FET 154 verbunden und durch Widerstände 164 (R14, R16, R18) vorgespannt. Auf diese Weise wird der Strom eingeschaltet, damit er durch die Schaltschütz-Spule 23 über die Dioden CR10—CR13 fließt. Die Schaltung bildet einen Vollwellen-Gleichrichter, bei dem die Spannung im Zeitpunkt des Signals vom Mikroprozessor 62 geschaltet wird.

Der Spulenstrompegel wird abgetastet und über den Widerstand 167 (R7) an den Mikroprozessor 62 rückgekoppelt. Um die Spulenstromregelung zu erzielen, tastet der Mikroprozessor 62 den Spulenstrom, der durch die Spannung am Widerstand 167 repräsentiert wird, über den A/D-Umsetzer 66 (siehe Fig. 1) ab. Der Mikroprozessor 62 tastet den Strompegel im gleichen Phasenwinkel oder Zeitpunkt 170 in jedem Halbzyklus relativ zum vorhergehenden Spannungsnulldurchgang 80 in einem Verfahren zum Abtasten des Stroms "in einem Punkt auf der Welle" ab. Wie in den Fig. 3 und 4 gezeigt ist, kann der Abtastpunkt 170 einem Nulldurchgang 80 der Spannungsversorgung entsprechen. Die genaue Form und Größe des Spulenstroms vor und nach dem Zeitpunkt der Messung müssen vom Mikroprozessor nicht abgetastet werden; die Form und die Größe werden jedoch durch die Induktivität beeinflusst, so daß es denkbar ist, den Strom an verschiedenen Phasenwinkeln abzutasten und die Form der Stromwelle als Hinweis auf die Änderung der Induktivität, die beim Öffnen oder Schließen des Luftspalts 34 auftritt, zu verwenden.

Fig. 3 zeigt die geschaltete Spannung im zeitlichen Verlauf. Der links befindliche Halbzyklus zeigt die verfügbare Versorgungsspannung in Strichpunktlinien. Wenn der Anker beschleunigt wird, schaltet der Mikroprozessor die Spannung in einem früheren Zeitpunkt im Halbzyklus, z. B. vor der Spannungsspitze. Die Spannung bleibt bis zum nächsten Nulldurchgang 80 eingeschaltet, wie durch die Kreuzschraffur unter der Welle dargestellt ist. Zum Halten des Ankers oder zum Prüfen der Induktivität des Magnetkreises schaltet der Mikroprozessor die Spannung näher am Nulldurchgangspunkt 80 ein, wie ebenfalls durch Schraffur gezeigt ist. Der Rest von Fig. 3 sowie Fig. 4 zeigen die Wirkung der Änderung der Induktivität des Magnetkreises zwischen dem Zustand mit geschlossenem Schaltschütz (durchgezogene Linien) und dem Zustand mit geöffnetem Schaltschütz (unterbrochene Linien), wenn der Mikroprozessor den Spulenstrom durch Regeln des Einschaltzeitpunkts steuert, um im Zeitpunkt 170, in dem der Strom abgetastet wird, einen konstanten Strompegel aufrechtzuerhalten.

Wenn das Schaltschütz geöffnet ist, muß der Mikroprozessor 62 eine Spannungseinschaltzeit 140 aufrechterhalten, die länger als die Spannungseinschaltzeit bei geschlossenem Schaltschütz ist, um einen gegebenen Strom im Zeitpunkt einer momentanen Messung aufrechtzuerhalten. Die erhöhte Einschaltzeit ist notwendig, weil wegen der geringeren Induktivität im geöffneten Zustand in der Spulenschaltung weniger Energie gespeichert wird. Der Mikroprozessor erhöht die Einschaltzeit durch Verwenden einer Zeitverzögerung  $t_{\text{offen}}$ , die kürzer als die Zeitverzögerung  $t_{\text{geschlossen}}$  bei geschlossenem Schaltschütz ist.

Der Nachweis des Schließens wird durch periodisches Anlegen von Halteimpulsen bei geöffnetem Schaltschütz erzielt, wobei die Impulse beispielsweise ein Zehntel des erforderlichen Schließstroms betragen können, um die Phasenwinkelverzögerung der offenen Spulenschaltung zu prüfen. Die Phasenwinkelverzögerung kann durch Zählen eines Taktimpulses ab dem vorhergehenden Nulldurchgang 80 erzielt werden, indem ein binärer Zähler 94 wie in Fig. 1 gezeigt oder ein programmierter Betrieb des Mikroprozessors, der z. B. durch eine Unterbrechung ausgelöst wird, verwendet werden. Das Ergebnis wenigstens einer solchen Messung des Phasenwinkels des offenen Zustandes unter Haltestrombedingungen wird gespeichert, vorzugsweise werden jedoch die Ergebnisse mehrerer Messungen gemittelt.

Wenn ein Schließvorgang beginnt, wird der Anker 24 während einer Zeitspanne wie oben beschrieben beschleunigt. Dann werden durch die Spule 23 erneut Ströme mit Haltepegel geschickt, ferner wird die Phasenwinkelverzögerung mit den Daten verglichen, die erhalten wurden, als das Schaltschütz 20 geöffnet war. Der Phasenwinkel unterscheidet sich wesentlich von den gespeicherten Daten, wenn sich das Schaltschütz 20 schließt, wodurch ein Hinweis darauf geschaffen wird, daß der Schließvorgang abgeschlossen ist.

Die Phasenwinkelverzögerung, die von dem Mikroprozessor 62 aufrechterhalten wird, muß sich auch als Funktion der Spannung unterscheiden, da die Aufgabe darin besteht, den vorgegebenen Strompegel aufrechtzuerhalten. Sollte in der an die Spulentreiberschaltung angelegten Wechselspannung eine Spannungsverschiebung



auftreten, beispielsweise aufgrund der Belastung eines Motors, der über das Schaltschütz mit derselben Wechselspannungsversorgungsleitung verbunden ist, kann die Phasenwinkelverzögerung mittels einer linearen Approximation mit der Spannung in Beziehung gesetzt werden, die vom Mikroprozessor 62 erfaßt wird. Wie durch beispielhafte binäre (hexadezimale) Zählstände in Tabelle 1 veranschaulicht, sind die Unterschiede der Phasenwinkelverzögerung zwischen dem Zustand mit offenem Schaltschütz und dem Zustand mit geschlossenem Schaltschütz ohne weiteres ersichtlich.

Tabelle I

Phasenwinkelverzögerungen: Nachweis des Schließvorgangs

Spannung	geschlossen	geöffnet
130	251	219
120	248	1F2
110	226	1E9
100	211	1C2
90	1EC	198
80	1C0	16F
75	1A2	150

Eine ähnliche Operation kann für den Nachweis des Öffnens verwendet werden. Die Spannung und die Phasenwinkelverzögerung werden aufgezeichnet, während das Schaltschütz geschlossen ist und der Haltestrom geliefert wird (d. h. vor dem Beginn eines Öffnungsvorgangs). Bei Beginn des Öffnungsvorgangs wird der Spulenstrom vollständig abgeschaltet, wobei der Mikroprozessor den Spulenstrom abtasten kann, um sicherzustellen, daß er Null ist, bevor fortgefahren wird. Alternativ kann der Spulentreiberstrom auf einen Pegel verringert werden, der nicht ausreicht, den Federdruck zu überwinden. Sobald die Drücke der Kontaktfeder und der Ablösefeder ins Spiel kommen, werden erneut eine Reihe von Prüfpulsen beispielsweise mit dem Haltepegel angelegt, wobei die Spannung und der Phasenwinkel mit den Daten verglichen werden, die während des Haltens aufgezeichnet wurden (d. h. bevor die Öffnungskraft der Federn ohne Gegenwirkung an den Anker angelegt wurde). Wenn sich der Luftspalt 34 wegen der Federn 33, 128 öffnet, wodurch der Anker 24 in Öffnungsrichtung gezwungen wird, verkürzen sich die Phasenwinkelverzögerungen, wobei von dem Mikroprozessor das geeignete Statussignal erzeugt wird. Die Tabelle II zeigt beispielhafte Phasenwinkel, die während des Nachweises des Öffnens auftreten.

Tabelle II

Phasenwinkelverzögerungen: Nachweis des Öffnens

Spannung	geschlossen	geöffnet
130	251	21A
120	246	1F5
110	221	1E8
100	211	1C1
90	1E8	194
80	1BA	162
70	18B	132
60	137	F4
50	108	AA

Mit dieser Technik können auch plötzliche Öffnungsvorgänge identifiziert werden. Obwohl nicht häufig, können plötzliche Öffnungsvorgänge bei starken mechanischen Stößen oder einem hohen Fehlerstrom auftreten. In einem solchen Fall ist es günstig, eine Statusangabe hinsichtlich des geöffneten/geschlossenen Zustandes des Schaltschützes zu erhalten, um das Steuersystem insgesamt in die Lage zu versetzen geeignet zu antworten, während ein Fehlen einer derartigen Information dazu führen kann, daß die Schaltschütz-Schaltungen anomale Zustände annehmen. Ein plötzliches Öffnen wird durch Aufrechterhalten einer laufenden Aufzeichnung der Phasenwinkelverzögerung und der Spannung sowie durch Vergleichen des Phasenwinkels und der Spannung während jedes Halbzyklus mit den aufgezeichneten Daten erfaßt. Ein plötzliches Öffnen hat eine plötzliche Abnahme des Phasenwinkels zur Folge, die nicht von einem entsprechenden Spannungsabfall begleitet wird, und kann durch den Mikroprozessor identifiziert werden, der anschließend ein geeignetes Statussignal ausgibt. Es kann günstig sein, die Erfassung eines plötzlichen Öffnens während zwei oder mehr Halbzyklen vor der Ausgabe des Statussignals zu fordern, um die Möglichkeit eines fehlerhaften Betriebs infolge eines Leitungsrauschens zu verringern.

Die Erfindung erfordert keine zusätzliche Hardware für die Schaltschütz-Schaltung, weil die für den Nachweis des Schließens und des Öffnens erforderliche Information von der Spannungs- und Stromerfassungseinrichtung verfügbar ist und weil die Schaltschütz-Schaltung und der darin enthaltene Mikroprozessor das Vermögen der Zeitablaufsteuerung haben. Die Steuereinrichtung spricht dennoch sehr direkt auf den physikalischen Status des Schaltschützes an, wie er durch das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein eines Luftspalts zwischen dem Anker und dem Spulenmagneten geschaffen wird. Es wird eine vollständige Zustandsanzeige geschaffen, die den Nachweis des Schließens, den Nachweis des Öffnens und die Erfassung eines plötzlichen Öffnens erlauben. Es sind keine elektrischen Zustandsanzeigen erforderlich, um Statusangaben zu schaffen, wodurch die Schaltschütze betrieben, koordiniert und in umfassendere Steuersysteme integriert werden können, die auf die Statusnachweissignale Bezug nehmen.

Es sind beispielhafte Ausführungsformen der Erfindung offenbart worden, wobei der Fachmann im Rahmen der Erfindung Abwandlungen vornehmen kann. Die Erfindung ist nicht auf die vorangehenden Beispiele eingeschränkt, vielmehr definieren die beigefügten Ansprüche den Umfang der Erfindung, für den die ausschließlichen Rechte beansprucht sind.

#### Patentansprüche

1. Elektromagnetische Anordnung, mit einem Elektromagneten (22), der eine Spule (23) besitzt, sowie einem Anker (24), der relativ zur Spule (23) beweglich ist, wenn in die Spule (23) ein Treiberstrom geschickt wird, wobei der Elektromagnet (22) und der Anker (24) einen Magnetkreis mit variablem Luftspalt definieren,

gekennzeichnet durch Erfassungseinrichtungen (62, 66, 72) die den durch die Spule (23) geschickten Strom und/oder die an die Spule (23) angelegte Spannung überwachen; und eine Steuerschaltung (30), die mit den Erfassungseinrichtungen verbunden ist und eine Änderung in dem durch die Spule (23) geschickten Strom und/oder in der an die Spule (23) angelegten Spannung erfaßt, wobei die Änderung in Abhängigkeit von einer Änderung der Induktivität im Magnetkreis aufgrund einer Vergrößerung oder Verkleinerung des Luftspalts auftritt.

2. Elektromagnetische Anordnung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Luftspalt in einer zurückgezogenen Position des Ankers (24) im wesentlichen auf Null verringert ist; außerdem eine Einrichtung zum Anlegen eines veränderlichen Spannungssignals an die Spule (23) vorgesehen ist; und

die Erfassungseinrichtungen einen Spulenstromfühler umfassen, der mit der Steuerschaltung (30) in einer Rückkopplungsschleife verbunden ist, um das Spannungssignal zu steuern, um einen vorgegebenen Treiberstrom durch die Spule (23) zu erhalten, wobei die Steuerschaltung (30) eine Änderung des veränderlichen Spannungssignals, die für die Aufrechterhaltung des vorgegebenen Treiberstroms notwendig ist, erfaßt.

3. Elektromagnetische Anordnung gemäß Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerschaltung eine Spannung über dem Elektromagneten (22) wiederholt schalten kann, um eine veränderliche Impulsbreite zu erhalten, um den vorgegebenen Treiberstrom aufrechtzuerhalten, wobei die Steuerschaltung (30) eine Zeitablaufsteuereinrichtung, die die veränderliche Impulsbreite wenigstens für einen vorhergehenden Zyklus speichern kann, sowie eine Komparatoreinrichtung enthält, die diese veränderliche Impulsbreite mit derjenigen in wenigstens einem späteren Zyklus vergleichen kann; und die Steuerschaltung (30) ein Schließen und ein Öffnen des Luftspalts anhand des Ausgangs der Komparatoreinrichtung bestimmen kann.

4. Elektromagnetische Anordnung gemäß Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerschaltung (30) ein Wechselspannungssignal an die Spule (23) in Abschnitten von Halbzyklen desselben schalten kann, wobei die Abschnitte der Halbzyklen die veränderliche Impulsbreite definieren.

5. Elektromagnetische Anordnung gemäß Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerschaltung (30) einen Mikroprozessor (62) mit einer Zeitablaufsteuereinrichtung (94) umfaßt, wobei der Mikroprozessor (62) mit einem Speicher (63) für die numerische Speicherung eines Phasenwinkels zwischen dem Beginn der Halbzyklen und einem Schalterpunkt des Spannungssignals an die Spule (23) verbunden ist.

6. Elektromagnetische Anordnung gemäß Anspruch 5, gekennzeichnet durch eine erste Kontakteinrichtung (25) und eine zweite Kontakteinrichtung (26), die relativ zum Anker (24) bzw. zum Elektromagneten (22) beweglich sind, wobei die erste und die zweite Kontakteinrichtung (25, 26) miteinander in Eingriff gelangen, um im wesentlichen bei der Verringerung des Luftspalts auf Null die Kontinuität in einem elektrischen

Schaltkreis zu erzielen.

7. Elektromagnetische Anordnung gemäß Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Wechselspannungssignal wenigstens teilweise von dem elektrischen Schaltkreis abgeleitet wird, derart, daß eine Belastung des elektrischen Schaltkreises Veränderungen des Pegels des Wechselspannungssignals zur Folge hat; und

der Mikroprozessor (62) den Phasenwinkel zwischen dem Beginn des Halbzyklus und dem Schaltpunkt normieren kann, um Veränderungen des Pegels darzustellen.

8. Elektromagnetische Anordnung gemäß Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens eine Feder (33) vorgesehen ist, die in der zurückgezogenen Position des Ankers (24) so vorgespannt ist, daß sie den Luftspalt öffnet und die ersten und zweiten Kontakte (25, 26) trennt; und

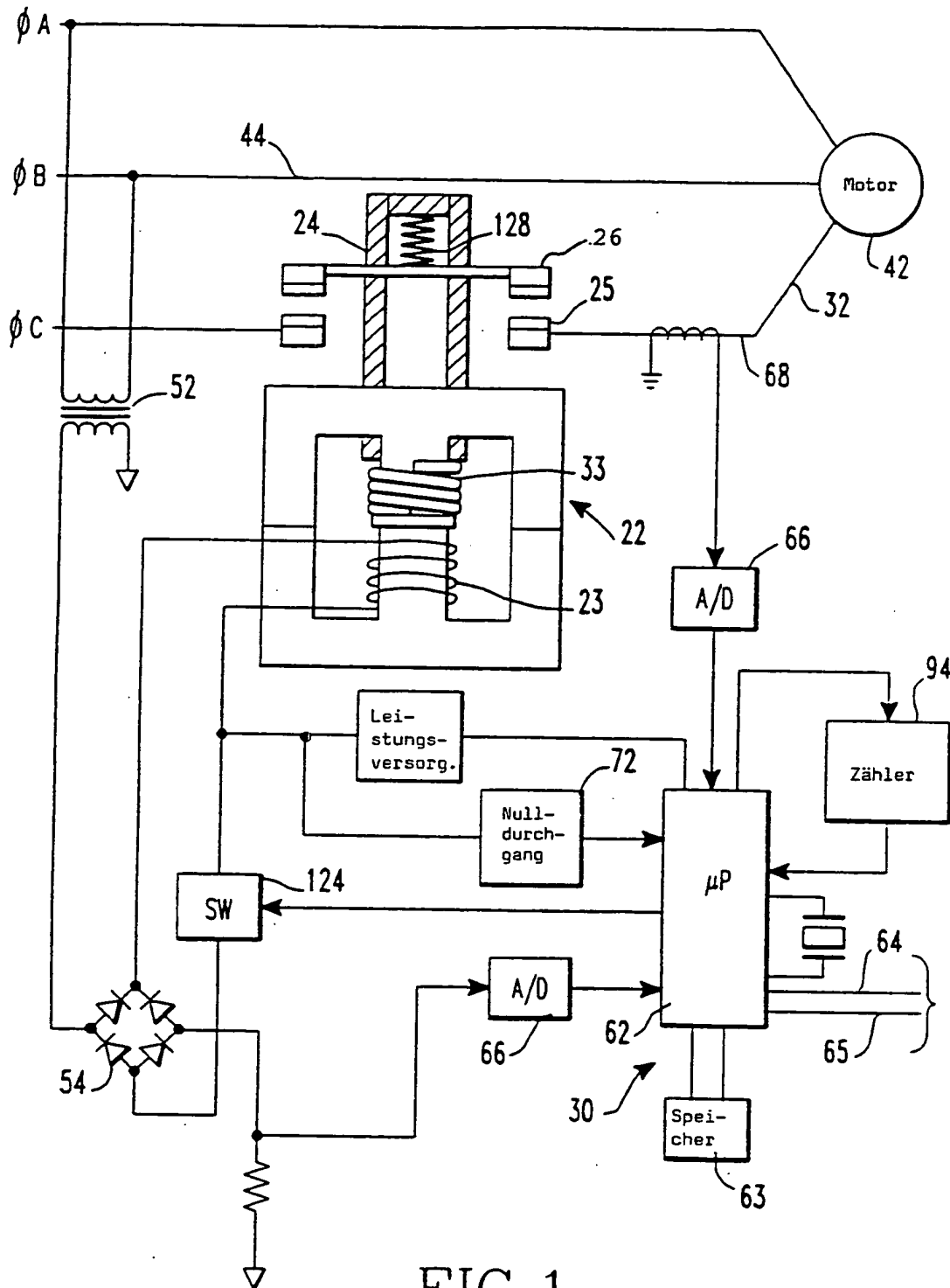
der Mikroprozessor (62) den in die Spule (23) geschickten vorgegebenen Treiberstrom verändert, um auf den Anker (24) während wenigstens zweier Aktivitäten verschieden starke Kräfte auszuüben, wobei die beiden Aktivitäten die Beschleunigung des Ankers (24) zur Spule (23), das Auslaufenlassen des Ankers (24), das Halten des Ankers (24) gegen die Kraft der wenigstens einen Feder (33) und das Freigeben des Ankers (24), damit die wenigstens eine Feder (33) den Anker (24) bewegen kann, umfassen.

9. Elektromagnetische Anordnung gemäß Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Mikroprozessor (62) während wenigstens einer der Aktivitäten das Wechselspannungssignal schaltet, um einen Prüfpegel des Treiberstroms zu erhalten, um dadurch eine Induktivität des Magnetkreises zu messen.

10. Elektromagnetische Anordnung gemäß Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Mikroprozessor (62) die Induktivität wenigstens während des Auslaufenlassens des Ankers (24) in eine Position, in der die ersten und zweiten Kontakte (25, 26) miteinander in Eingriff sind, und während der folgenden Freigabe des Ankers (24), damit der Anker durch die wenigstens eine Feder (33) bewegt wird, mißt.

11. Elektromagnetische Anordnung gemäß Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Prüfpegel im wesentlichen gleich einem Treiberstrom ist, der ausreicht, um den Anker (24) gegen die Kraft der wenigstens einen Feder (33) zu halten, wenn der Luftspalt geschlossen ist.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen



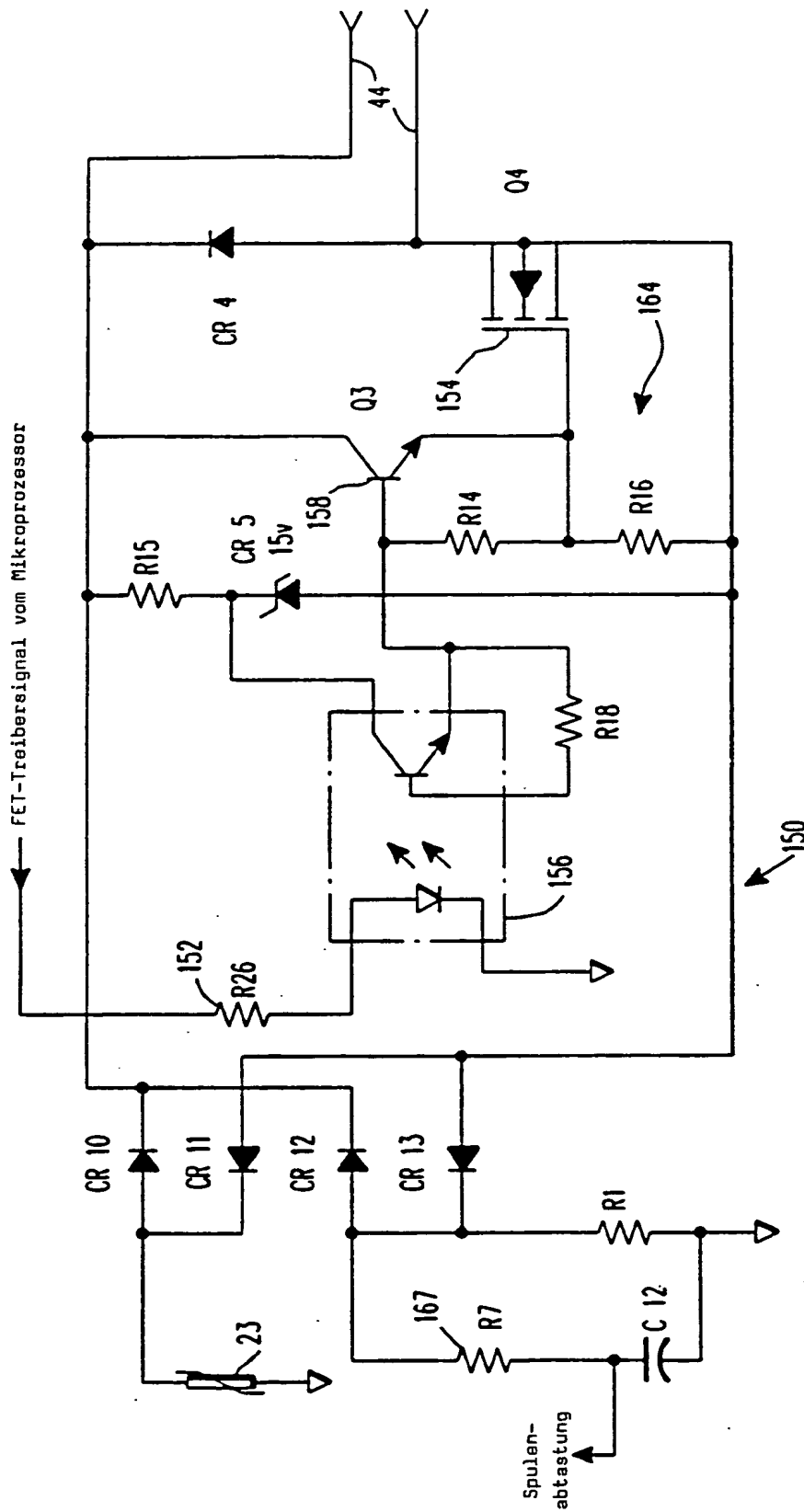


FIG. 2

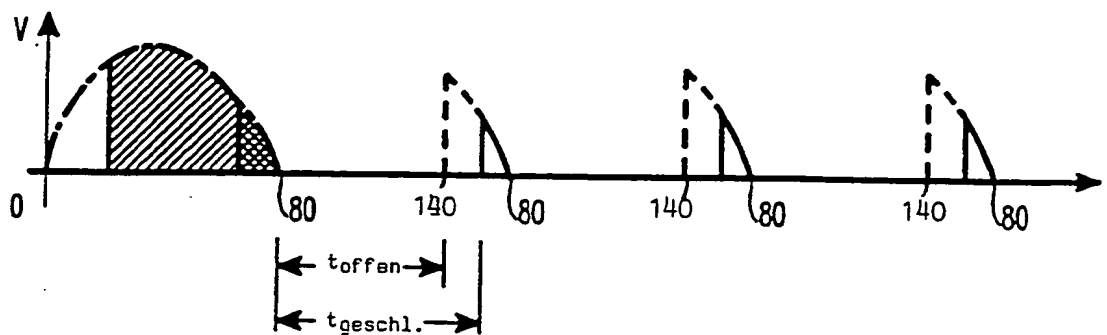


FIG. 3



FIG. 4